

SISTEM PENGUKURAN KONSENTRASI GAS METANA DENGAN SENSOR TGS2611

MEASUREMENT SYSTEM FOR METHANE GAS CONCENTRATION WITH TGS 2611 SENSOR

Muhammad Luthfian Dhiya Urramdhan¹, Suwandi², Asep Suhendi.³

Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹luthfi.ramdhan@gmail.com, ²suwandi.sains@gmail.com, ³Suhendi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Berbagai sumber energi alternatif telah banyak dikembangkan sebagai upaya untuk mengatasi krisis energi. Salah satu sumber energi alternatif yang banyak dikembangkan adalah biogas. Biogas merupakan bahan bakar gas yang dapat diperbaharui dan dihasilkan secara fermentasi anaerob dari bahan organik dengan bantuan bakteri. Salah satu gas yang terkandung dalam produk biogas adalah gas metana, untuk itu dibutuhkan suatu alat pengukur konsentrasi gas metana secara *real time*. Pada penelitian ini telah dibuat sistem pengukuran konsentrasi gas metana menggunakan sensor TGS2611 sebagai detektor yang dipasang pada chamber dengan volume 3 liter, sistem dikalibrasi menggunakan kalibrator tipe M40. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dikalibrasi mengikuti rumus $0,004X^{8.5}$ dan dapat mengukur konsentrasi gas metana pada range 0% – 15% LEL yang setara dengan 0 – 7500 ppm. Sistem yang telah dibuat memiliki error rata rata sebesar 7,96% dengan akurasi $\pm 7,96\%$ dan mampu mengukur konsentrasi gas secara kontinyu.

Kata Kunci: Metana, Sensor TGS2611, Aliran kontinyu, LEL (*Low Explosive Limit*)

Abstract

Various alternative energy sources have been developed in an effort to overcome the energy crisis. One alternative energy source that is widely developed is biogas. Biogas is a gas fuel that can be updated and produced by anaerobic fermentation from organic materials with the help of bacteria. One of the gases contained in biogas products is methane gas, so that a methane gas concentration meter is needed in real time. In this study a methane gas concentration measurement system was made using the TGS2611 sensor as a detector mounted on a chamber with a volume of 3 liters, the system calibrated using an M40 type calibrator. The results showed that the system was calibrated following the formula $0.004X^{8.5}$ and could measure the concentration of methane gas in the range 0% - 15% LEL which is equivalent to 0 - 7500 ppm. The system that has been made has an average error of 7.96% with accuracy $\pm 7,96\%$ and is able to measure gas concentration continuously.

Keywords: Methane, TGS2611 Sensor, continuesly flow, LEL (*Low Explosive Limit*)

1. Pendahuluan

Berbagai sumber energi alternatif telah banyak dikembangkan sebagai upaya untuk mengatasi krisis energi. Salah satu sumber energi alternatif yang banyak dikembangkan adalah biogas. Biogas merupakan bahan bakar gas yang dapat diperbaharui dan dihasilkan secara fermentasi anaerob dari bahan organik dengan bantuan bakteri [1]. Implementasi penggunaan biogas sebagai salah satu solusi untuk mengatasi krisis energi ternyata masih menyisakan suatu permasalahan. Konsentrasi gas metana yang dihasilkan dari produksi biogas dengan teknologi fermentasi anaerob belum bisa terukur dengan tepat secara *real time*. Karena saat ini untuk mengukur konsentrasi gas metana harus membawa sampel ke laboratorium [2]. Jika Gas metana (CH₄) yang merupakan gas dengan kandungan terbesar pada biogas konsentrasinya tidak terukur secara *real time* maka dapat berdampak negatif. Misalnya konsentrasi volume gas metana (CH₄) di udara lebih dari 5% dapat menyebabkan ledakan seperti yang terjadi di TPA Leuwi Gajah pada tahun 2008 [1].

Pengukuran kadar gas CH₄ secara umum menggunakan gas chromatography (GC) yaitu salah satu metode analisis kimia untuk mengidentifikasi maupun memisahkan satu atau lebih komponen dalam suatu campuran gas. Sampel gas CH₄ diambil dengan memerangkap gas menggunakan *chamber*, kemudian sampel gas CH₄ diambil menggunakan jarum suntik. Hasil sampel gas CH₄ diukur sehingga diketahui konsentrasi gas CH₄ [2]. Proses ini terdapat beberapa kelemahan yaitu pengukuran tidak secara *real time*, melibatkan banyak sumber daya manusia, mahal dari segi biaya, dan data tidak dapat diperoleh secara langsung.

Saat ini sudah ada sensor yang berfungsi untuk mengukur konsentrasi gas yaitu FP- 700 dan IR- 700, hanya saja sensor ini tidak hanya untuk gas metana tapi untuk semua gas, sehingga jika ingin mengukur gas tertentu harus memiliki keahlian atau keterampilan khusus dan diperlukan pelatihan khusus bagi para penggunanya. Oleh karena itu perlu dikembangkan terobosan teknologi untuk mengukur konsentrasi gas metana (CH₄) secara langsung.

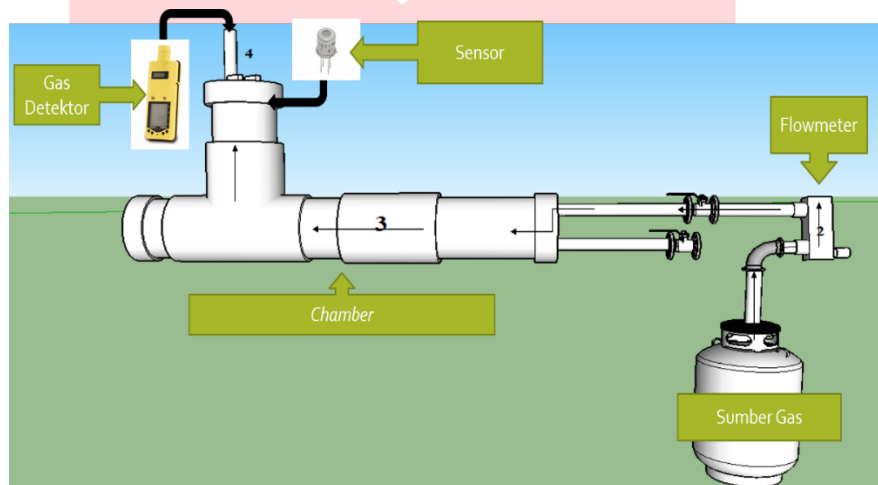
Pada tugas akhir ini akan dibuat sistem pengukuran konsentrasi gas metana (CH_4) dengan sensor TGS2611. Sensor ditempatkan pada *chamber* bervolume tiga liter dan memiliki dua saluran untuk masukan gas dan satu keluaran untuk pembuangan gas. Gas yang masuk menuju *chamber* diatur menggunakan flowmeter. Keluaran sensor yang berupa sinyal tegangan analog yang akan diubah menjadi sinyal digital oleh ADC (*Analog to Digital Converter*) dan dibaca oleh mikrokontroler yang selanjutnya akan ditampilkan pada display dalam bentuk nilai konsentrasi gas metana.

2. Metode Penelitian

2.1 Perancangan Alat

Dalam membuat alat sistem pengukuran konsentrasi gas metana ada beberapa tahap dalam perancangannya agar sistem yang dibuat dapat bekerja dengan apa yang diharapkan. Adapun tahapannya adalah tahap persiapan kemudian tahap perancangan mekanik setelah itu tahap pembuatan hardware terakhir pembuatan software.

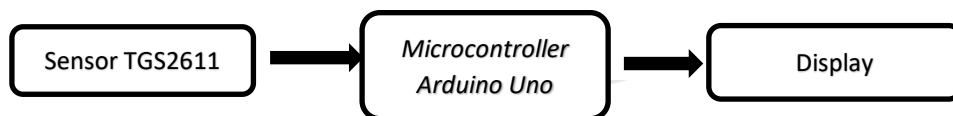
Dalam pembuatan mekanik digunakan bahan pipa paralon atau pipa PVC dengan diameter 3 inch kemudian pipa itu saling disambung dan direkatkan dengan Lem sehingga bisa meminimalisir adanya kebocoran sehingga membuat *chamber* yang akan digunakan sebagai sarana untuk melakukan pengukuran konsentrasi gas metana.



Gambar 2.1. Rancangan Mekanik yang akan digunakan pada proses pengukuran

Pada gambar 2.1 skema dari pengambilan data nya adalah gas metana pada tabung *Calibrator Gas* (sumber gas) mengalir ke flowmeter kemudian di flowmeter ini besar laju alir udara diatur setelah itu *valve* yang menyambungkan antara flowmeter dengan *chamber* dibuka sehingga gas bisa masuk ke dalam *chamber* kemudian konsentrasi gas pada *chamber* diukur oleh sensor dan dibandingkan nilainya dengan gas detektor.

Kemudian setelah sistem mekanik telah siap maka masuk ke tahap pembuatan hardware atau tahap pembuatan alat yang digunakan untuk mengukur konsentrasi gas metana. Pada pembuatan hardware ini sensor yang digunakan adalah sensor TGS 2611 dengan Arduino Uno sebagai mikrokontrolernya kemudian dirangkai sehingga membuat sebuah sistem yang dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi gas metana.



Gambar 2.2. Diagram Block Pengukuran konsentrasi gas metana

Setelah selesai tahap pembuatan hardware nya maka dilanjutkan dengan pembuatan software pada tahap ini dilakukan pemrograman untuk mikrokontroler Arduino Uno yang terpasang pada hardware sehingga mikrokontroler Arduino Uno yang telah terprogram dapat mengolah data dan dapat menampilkan nya pada display. Pada penelitian ini bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa pemrograman C++ Arduino IDE.

2.2 Karakterisasi dan pengujian alat

Ketika seluruh perancangan alat telah diselesaikan maka dilakukan proses karakterisasi dan pengujian alat. Untuk karakterisasi pada penelitian ini dilakukan perbandingan antara alat yang dibuat dengan gas detektor

tipe M40, kemudian hasil karakterisasi dibuat grafik dan trendline nya pada *microsoft excel* dan diperoleh rumus regresi nya yang kemudian dimasukan pada *source code* Arduino IDE.

Alat yang telah dibuat diuji dengan dua cara, berikut adalah proses pengujian alat yang dilakukan:

- Pengujian pertama adalah dengan mengalirkan gas ke *chamber*, kemudian lakukan perbandingan antara alat yang dibuat dengan gas detektor tipe M40. Selain untuk pengujian alat, cara pertama ini juga di tunjukan sebagai proses kalibrasi.
- Kemudian pengujian kedua adalah pengujian menyalurkan gas dengan aliran kontinyu. Pada pengujian ini interval waktu nya adalah 30 detik dan hasilnya akan dibandingkan dengan hasil simulasi perhitungan manual.

3. Hasil dan Analisis

3.1. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan tiga proses yaitu proses karakterisasi, proses kalibrasi, dan proses pengukuran sumber kontinyu.

3.1.1 Karakterisasi

Proses karakterisasi dilakukan untuk melihat bagaimana respon sensor terhadap gas metana. Proses ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai konsentrasi metana dalam bentuk %LEL pada gas detektor tipe M40 dengan tegangan yang ditampilkan pada alat yang dibuat. Hasil karakterisasi ditunjukan pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Respon sensor terhadap kenaikan %LEL gas detektor

Konsentrasi Gas (%LEL)	Tegangan pada percobaan ke-1 (Volt)	Tegangan pada percobaan ke-2 (Volt)	Tegangan pada percobaan ke-3 (Volt)	Tegangan rata-rata (Volt)
0	1,55	1,55	1,55	1,55
1	1,93	1,96	1,83	1,91
2	2,11	2,06	1,95	2,04
3	2,23	2,15	2,06	2,15
4	2,27	2,22	2,12	2,20
5	2,34	2,29	2,16	2,26
6	2,4	2,34	2,25	2,33
7	2,46	2,38	2,3	2,38
8	2,51	2,42	2,36	2,43
9	2,53	2,47	2,39	2,46
10	2,54	2,49	2,41	2,48
11	2,56	2,52	2,43	2,50
12	2,58	2,54	2,46	2,53
13	2,6	2,56	2,5	2,55
14	2,61	2,57	2,51	2,56
15	2,62	2,59	2,53	2,58

Dari tabel 3.1 terlihat bahwa semakin besar nilai konsentrasi maka semakin besar juga nilai tegangan. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali percobaan kemudian diambil rata-rata nya. Tegangan rata rata ditunjukan pada Tabel 3.1. Tegangan yang diperoleh di plot terhadap perubahan nilai konsentrasi yang ditunjukan pada Gambar 3.1.

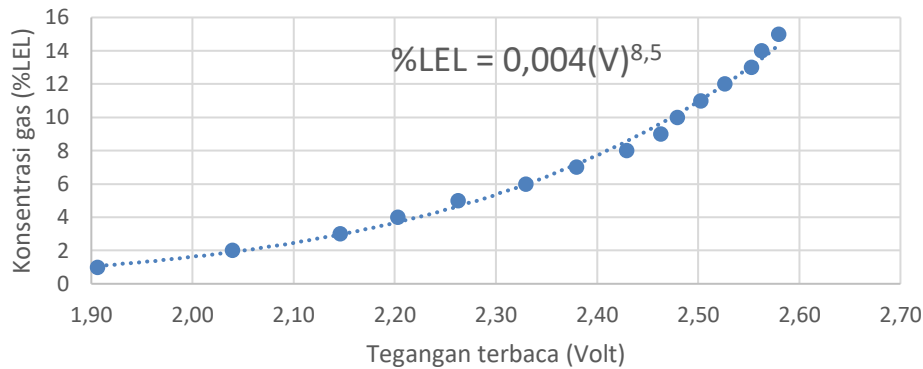
Plot %LEL terhadap tegangan rata rata menunjukan adanya trend yang memenuhi persamaan pangkat (*power*) sebagai berikut:

$$Y = 0,004X^{8,5} \quad (3.1)$$

Dimana:

Y = Konsentrasi Gas (%LEL)

x = Tegangan Sensor yang Terbaca (Volt)



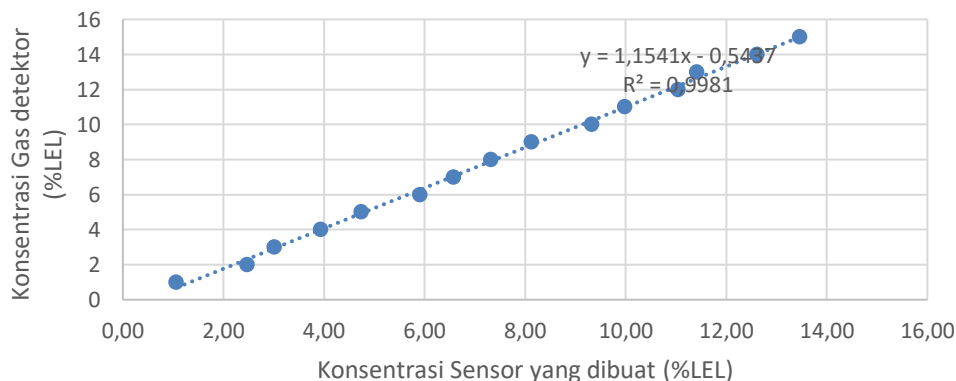
Gambar 3.1. Grafik respon sensor terhadap kenaikan %LEL gas detector

3.1.2 Kalibrasi

Proses kalibrasi dilakukan setelah proses karakterisasi selesai dilakukan. Proses kalibrasi ini masuk ke dalam salah satu proses pengujian alat. Tujuan dilakukannya proses kalibrasi pada alat ukur yang dibuat ini adalah untuk dapat mengukur konsentrasi gas metana dengan tepat. Hasil persamaan yang diperoleh pada proses karakterisasi dimasukkan ke dalam source code Arduino IDE. Tegangan yang terbaca akan dikonversi menjadi %LEL dan ditampilkan pada display berdasarkan persamaan yang dimasukkan ke dalam *source code*.

Pada proses kalibrasi dilakukan dengan membandingkan nilai pengukuran dengan nilai pada gas detektor dengan rentang pengukuran 0 %LEL hingga 15 %LEL. Nilai error dan akurasi nya dihitung sehingga didapat error rata rata dan nilai akurasi dari pembacaan alat ukur yang dibuat dibandingkan dengan gas detektor yang terkalibrasi, sehingga diketahui apakah alat yang dibuat sudah standar dan bisa direkomendasi kan untuk digunakan sebagai alat ukur konsentrasi gas metana atau masih perlu banyak perbaikan.

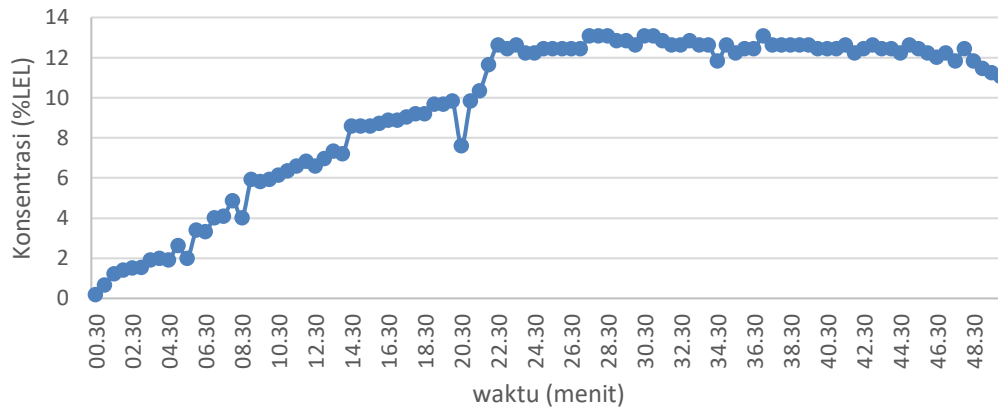
Untuk error rata-rata yang didapat setelah dilakukan perhitungan sebesar 7,96% dengan error maksimum sebesar 23,67% pada saat 2% LEL dengan akurasi $\pm 7,96\%$ dan untuk gas detektor pada umum nya memiliki tingkat akurasi $\pm 5\%$ untuk *combustible gas* dan Plot %LEL gas detektor terhadap %LEL yang terukur menunjukkan trend yang linier dan dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Grafik hasil dari proses kalibrasi

3.1.3 Pengukuran Sumber Kontinyu

Pada pengujian alat ini yang ingin diketahui adalah bagaimana pengukuran konsentrasi gas untuk input kontinyu. Pengujian dirancang untuk dapat mengalirkan gas setiap 30 detik selama 50 menit atau ketika konsentrasi mencapai 15% LEL. Pada percobaan ini dilakukan pengukuran dengan laju alir udara sebesar 0,05 lpm, kemudian catat hasil yang ditampilkan setiap 30 detik selama 50 menit atau sampai alat yang dibuat mencapai 15% LEL. Untuk kasus ini karena alat yang dibuat tidak mencapai 15% LEL maka percobaan ini dihentikan pada menit ke 50.



Gambar 3.3. Hasil pengukuran pada saat diberi input 0,05 lpm

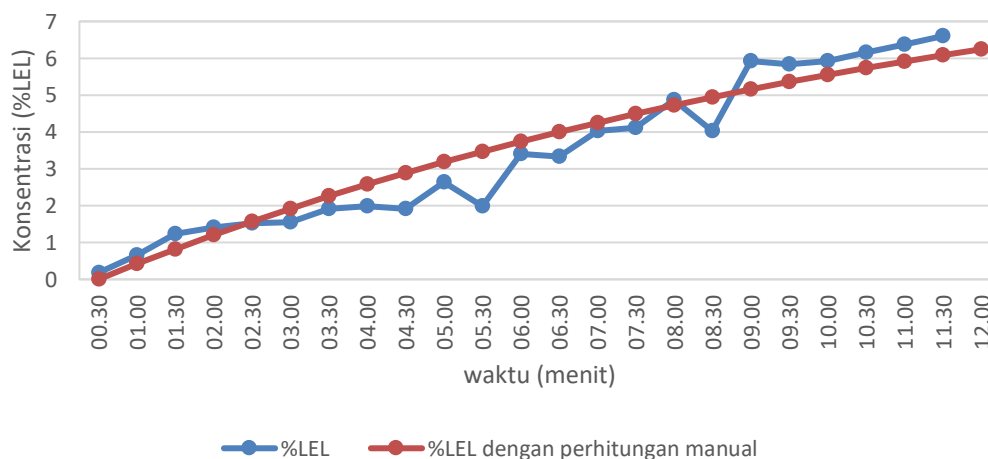
Berdasarkan grafik yang ditampilkan, pengukuran %LEL meningkat seiring waktu dengan kenaikan rata rata sebesar 0,22 %LEL permenit dan juga menunjukan adanya keadaan saturasi di 13%LEL.

3.2. Analisis Data Pengujian pengukuran sumber kontinyu

Dari Gambar 3.3 terlihat bahwa laju alir gas saat 0,05 lpm tidak mencapai 15%LEL dalam waktu 50 menit tetapi hanya mencapai keadaan saturasi pada 13%LEL. Hal ini disebabkan karena gas detektor yang digunakan memiliki pompa penyedot sebesar 0,25 lpm sehingga membuat udara sekitar tertarik sebesar 0,25 lpm. gas ditempatkan dekat dengan sensor dan pada saat pengambilan data bagian input gas nya keduanya dibuka, ketika percobaan dilakukan dengan gas yang masuk sebesar 0,05 lpm maka pompa pada gas detektor dengan kekuatan 0,25 lpm menarik gas metana yang masuk sebesar 0,05 lpm dan ditambah 0,2 lpm sisanya adalah gas lain maka gas metana yang maksimal dapat ditarik oleh gas detektor hanya 20% saja dan sisanya 80% adalah gas lain nya yang tidak dapat dideteksi oleh alat yang dibuat, hal ini adalah penyebab mengapa kenaikan ppm pada saat diberi input 0,05 lpm respon alat sangat lambat dan tidak bisa mencapai 15% LEL meskipun dalam selang waktu 50 menit, berbeda dengan proses kalibrasi dan karakterisasi yang hanya input gas metananya saja yang dibuka dan untuk input yang satu lagi ditutup. hal ini juga menunjukan bahwa sensor yang dibuat tidak bisa mendeteksi udara

3.3. Analisis Data yang Terukur Dengan Hasil Perhitungan

Setelah didapatkan data hasil pengujian aliran gas kontinyu maka dilakukan proses simulasi perhitungan manual, hal ini dimaksudkan untuk membandingkan nilai yang terukur dengan nilai hasil hitung manual, setelah mendapatkan hasil nilai manual maka dibandingkan nilai hasil pengukuran dengan hasil hitung manual seperti yang ditunjukan pada Gambar 3.4



Gambar 3.4. Perbandingan nilai pengukuran dengan hasil simulasi hitung manual

Berdasarkan grafik pada Gambar 3.4 terlihat bahwa hasil percobaan dengan hasil hitung manual pada percobaan aliran gas kontinyu tidak terlalu jauh bedanya yang membedakan adalah untuk hitung manual grafik yang ditunjukan naik secara konstan namun untuk hasil percobaan grafik yang ditunjukan masih turun naik tetapi untuk polanya tidak berbeda jauh dengan hasil hitung manual. Hal ini disebabkan karena pada hasil percobaan terdapat beberapa variabel yang tidak dihitung pada proses hitung manual seperti error alat, human error, dan keadaan lingkungan sekitar serta pada perhitungan manual juga tidak ada variabel untuk udara bebas. Udara bebas

tidak dimasukkan dalam variabel perhitungan manual karena kita tidak mengetahui dan tidak memiliki alat untuk mengetahui komposisi gas apa saja yang terkandung pada udara bebas ketika dilakukannya percobaan, hal ini yang menyebabkan adanya nilai data naik turun pada grafik hasil percobaan.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan telah dibuat suatu alat untuk mengukur konsentrasi gas metana, dengan range pengukuran 0 % LEL atau 0 ppm hingga 15% LEL atau 7500 ppm. Dari hasil percobaan pada proses kalibrasi yang telah dilakukan, alat yang dibuat memiliki error rata-rata sebesar 7,96% dengan error maksimum 23,67% dan akurasi $\pm 7,96\%$. Dari proses pengujian pada laju alir gas yang kontinyu, diperoleh hasil semakin besar nilai alir gas metana pada chamber maka semakin cepat juga kenaikan konsentrasi gas metana yang terdeteksi oleh alat yang dibuat dengan tingkat kenaikan rata-rata 0,22 %LEL untuk laju alir 0,05 lpm dan sesuai dengan hasil simulasi perhitungan.

4.2 Saran

Ada beberapa saran dari penulis demi meningkatkan dan memperbaiki alat yang sudah penulis buat, mungkin untuk kedepannya bisa dilanjutkan dengan beberapa tambahan improvisasi dan tambahan data agar alat yang dibuat dapat beroperasi lebih optimal, diantaranya adalah:

- Menggunakan sumber gas metana murni untuk pengujian.
- Bisa ditambahkan alarm atau buzzer, jika alat yang dibuat telah menunjukkan nilai batas wajar maka buzzer akan berbunyi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anwar Choirul Sidiq, Rakhmadi Agung Frida, Rahmawati Retno (2012). Perangkat Sistem Pengukuran Gas Metan (CH₄) Pada Biogas Dari Hasil Fermentasi Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) Berbasis Sensor TGS2611. Jurnal Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- [2] Sugriwan Iwan, Rachmattullah Adi, Soesanto Oni, Harnawan Ade Agung (2015). Desain dan Fabrikasi Alat Ukur Kadar Gas Metana (CH₄) Pada Lahan Gambut Menggunakan Sensor TGS2611 Berbasis ATmega8535. Jurnal Fisika Fakultas MIPA Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru.
- [3] David A. Hansher, Kenneth J. Button (2003). Handbook of transport and environment. Emerald Group Publishing. Hlm. 168. ISBN 0-08-044103.
- [4] Ayhan Demirbas. 2010. Methane Gas Hydrate. Springer
- [5] Equilibrium acidities in dimethyl sulfoxide solution Frederick G. Bordwell Acc. Chem. Res.; 1988.
- [6] Wesley H. Bernskoetter, Cynthia K. Schauer, Karen I. Goldberg and Maurice Brookhart "Characterization of a Rhodium(I) σ -Methane Complex in Solution" Science 2009, Vol. 326.
- [7] M. Rossberg et al. "Chlorinated Hydrocarbons" in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry 2006, Wiley-VCH, Weinheim.
- [8] A.Adrinta, Ihsan Muhammad, Syahputra Anhari, Imam Rasyid Ghani, Fikrian Ridho, Syah Rizki Ramadhani. Sensor. Jurusan Ilmu Komputer Universitas Sumatera Utara.
- [9] Imas Tri Setyadewi. 2012. "Rancangan Sistem Pengukur Konsentrasi Gas CBM (Coal Bed Methane) Dengan Sensor Gas TGS2611 Berbasis Mikrokontroler H8/3069F". Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia. Depok
- [10] Li,Liang,Chen. 2011. The Research on Combustible Gas Lower Limit of Explosion Expanding in High Temperature. Guangzhou